

あることは均質性にはならぬ妨げとなるものではない。この点から本実験でえられる範囲の微細の程度では焼入性を改善することはあつても鋼質を低下する原因とはならない。

7. 結 言

高炭素クローム軸受鋼の球状化焼鈍を恒温変態を利用して迅速化するため各種の条件に対して必要な範囲の恒温変態曲線を求めて、その熱処理方法を求めた。さらにその結果えられた組織に対して、軸受としての使用上の効果を検討した。この結果次の結論をえた。

1. 恒温変態を利用すれば著しく短時間で球状化組織がえられる。しかしこの結果硬度はやや高く、組織は微細である。
2. 実用上の効果を検討するため、圧潰試験と寿命試験とを実施した。この結果はならぬ実用上有害な結果は認められず、むしろ焼入性を向上する。
3. 本法の結果は球状化焼鈍のえられる短時間の限界

と考えられ、そのままでは実用化できるとはいえない。可能性は十分あるので質量効果を考慮して検討する必要がある。

文 献

- 1) von E. THEIS: Stahl u. Eisen, 71 (1951), p. 1433
von W. CONNENT: Stahl u. Eisen, 80 (1960), p. 1049
- 2) Atlas of iso-thermal transformation diagrams. United States Steel Corp. Pittsburgh. 1953
- 3) 上野 学, 中野 泰: 機械試験所所報 9, (1955), p. 226
上野 学: 金属材料技術研究所研究報告, 1(1958), p. 47
- 4) 三好栄次, 川野和男: 住友金属, 8 (1956) p. 75~85
- 5) Interpreting service damage in rolling type bearings — A manual on ball & roller bearing damage, The American Society of Lubrication Engineers, (1953)
- 6) 上野 学, 三橋鉄太郎, 岡本純三: 鉄と鋼, 42, (1956), p. 260

金属研摩薄片とX線マイクロアナライザーによる 鋼中非金属介在物の同定*

佐々木 稔**・草鹿履一郎***・浜田 広樹**・室田 昭治**

Identification of Non-metallic Inclusions in Steels

by the Polished Thin Section and X-Ray Microanalyser.

Minoru SASAKI, Riichiro KUSAKA, Hiroki HAMADA and Shoji MUROTA

Synopsis:

For the research of fine minerals in rocks, a "polished thin section" began to be used as a new method. In this paper this technique was applied to metals containing non metallic inclusions. The metal sample was stuck to a slide glass, polished with emery paper to 7~8 microns in thickness, and scratches on the surface of the inclusions were removed by polishing on cloth with alumina abrasive suspended in oil. Under a petrographic microscope the reflected and transmitted color, transparency, crystal shape, extinction and retardation of the non-metallic inclusions in the thin section were observed. From the optical properties the minerals in the inclusions were identified fairly well. Then, each of minerals was analysed with X-ray microanalyser. When the thin section was 7~8 microns in thickness, it was confirmed that the slide glass had no influence upon the X-ray microanalysis. By this method coarse non-metallic inclusions in the cold-rolled strips of rimmed steel made in open-hearth furnace were examined. By considering both the optical properties and the result of X-ray microanalysis of the inclusions, the minerals in the inclusions were identified without difficulty and the state of coexistence of minerals was clarified in detail.

(Received 21 Sep. 1964)

* 昭和39年4月本会講演大会にて発表 昭和39年9月21日受付

** 八幡製鉄株式会社東京研究所 *** 八幡製鉄株式会社東京研究所 理博

1. 緒 言

通常、岩石の構成鉱物および構造を知るためには、岩石を薄片(厚さ約 30μ)にして各鉱物の光学的性質と鉱物の共存状態を観察するが、透明および不透明鉱物が混在しかつ構造が微細な場合には、薄片の検鏡面をバフ仕上げして反射、透過いずれの観察もできるような“研磨薄片”を使用することがある。

鋼中の非金属介在物の構成鉱物および鉱物の共存状態を調べる場合には、介在物の組織が保持されるような検鏡試料を製作しなければならないが、それには研磨薄片が最適と考えられる。

一方、介在物の同定にX線マイクロアナライザーが有力な武器として使用されはじめたが、現在その定量性に問題があるので、これを補足する手段が必要とされており、そのためにも研磨薄片は有用と思われる。

われわれは非金属介在物を含む鋼材の研磨薄片の製作に成功したので、鉱物顕微鏡によつて薄片になつている介在物の光学的性質を調べるとともに、X線マイクロアナライザーによつて薄片中の介在物を分析した。両者の結果をもとにすれば、介在物の構成鉱物を同定し鉱物の共存状態を知ることは容易であることがわかつた。

ここではいくつかの実験例をあげて研究の報告をする。

2. 実 験 方 法

2.1 金属研磨薄片の製作法

非金属介在物を含む鋼材試料をまず鏡面に仕上げしてから、この面をスライドガラスに貼りつける。試料の厚さはあらかじめ 1mm 以下(できれば 0.2mm 程度)にしておくのがよい。

接着剤は接着強度が高く、かつガラスと同じ光学的性質(無色透明、非晶質、屈折率)が要求される。現在市販されているものの中で“イーストマン-910”がほぼ満足すべきものであつた。接着強度は $3\text{kg}/\text{mm}^2$ とかなり高く、また薄層にすればほとんど無色透明となり、屈折率は 1.5 前後であつた。ただしやや結晶質であることに難点がある。

スライドガラスに貼りつけた試料は研磨紙で粗いものから細かいものへと順に磨いて行く。研磨の際は摩擦熱のために接着剤が劣化しないよう注意するとともに、研磨面と接着面は平行となるように注意深く磨かなければならない。研磨紙を使つて薄片は最低 $5\sim 6\mu$ 厚さまで研磨できるが、比較的大きな介在物を調べる場合には $7\sim 8\mu$ (顕微鏡で測定)で十分であると思われる。最後に

アルミナでバフ研磨(油を使用する)し、介在物表面の疵をとつて平滑に仕上げる。以上の研磨に要する実際の時間は 40min 程度である。

2.2 鉱物顕微鏡による薄片中の非金属介在物の観察

研磨薄片にして調べられる非金属介在物には大きさの制限がある。すなわち薄片にする介在物は、厚みが少なくとも $7\sim 8\mu$ 以上でなければならないが、實際上 $20\sim 30\mu$ 以上の比較的大きな介在物でない、薄片にしても十分な光学的観察ができない。

さらに鋼中の非金属介在物には微細な共生組織をもつものが多いので、観察できる光学的性質もかなり制限される。これまでわれわれが観察し得たのは主として次の事項であつた。

2.2.1 色および透明度

反射色および透過色[†]は鉱物を推定する上で重要である。透明度は硫化鉱物や一部の酸化鉱物などではかなり低いので、他の鉱物との識別が可能である。

2.2.2 形

同種の鉱物の結晶が数多くあつて幾種かの方向の断面が現われている場合には、結晶形を推定できることがある。また2種以上の鉱物が共生している場合には、自形の結晶か他形の結晶かということは晶出の順位を知る上で重要である。

2.2.3 消光現象

直交ニコル下で光学的等方体(等軸晶系および非晶質鉱物)は完全に暗黒であるが、光学的異方体(前記以外の鉱物)では明暗が現われ消光現象が起るので両者は区別することができる^{††}。

2.2.4 干渉現象

直交ニコル下で光学的異方体は色づいて見えるが、これは薄片を抜けてくる振動方向の異なる二つの偏光に位相差が生じるため、干渉色と呼ばれている。干渉色と薄片の厚さから、その鉱物薄片の結晶学的方位での複屈折率を測定することができる。しかし薄片の厚さが $7\sim 8\mu$ では多くの鉱物の干渉色は暗色となつてしまつて複屈折率の測定は困難となるから、干渉色の観測は薄片厚さ $20\sim 30\mu$ のときに行なつた方がよい。

干渉現象にはこのほかに干渉像^{†††}と呼ばれるものがあるが、干渉像の観測からさらに幾つかの光学的性質を決めることができる場合がある。

[†] 透過色の観察は、色調をはつきりさせるためにコンデンサーレンズを差しこんで行なうこともある。ただしピントはややぼける。

^{††} 光学的異方体でも一軸性結晶の底面に平行な薄片では暗黒となるので注意しなければならない。

以上のように光学的観察はかなり制約されるが、比較的大きな介在物については、その鉱物の共存状態はほぼ知り得るし、鉱物の種類もある程度推定することができた。なお、観察の途中でマイクロアナライザーによる分析の容易な個所をマークしておいた。

2.3 X線マイクロアナライザーによる分析

使用したマイクロアナライザーはARL製である。波長分析(定性分析)には波長範囲 2.67Å から 9.99Å までをカバーし得る4インチADP分光結晶を用いた。検出された元素については記録紙上の振れを読んでその含有量の多少を推定した。定量分析は定時間法で行なった。標準試料にはその元素の純金属を選んだ。ただしCaのみは弗化カルシウムを使用した。定量分析は同種鉱物の数個所を選んで行ない、その平均値をとつてさらにPHILBERTの式²⁾によつて吸収補正をした。蛍光励起補正はBIRKSの式によつた。最後に検出された各元素のX線像を調べ、分布状態を見て鉱物の共存状態を確かめた。

なお定量分析を行なうに当つて、同種介在物を厚さ7~8μの研摩薄片と厚さ2~3mmのブロック試料とについて分析したが測定値はほとんど一致したので、介在物の厚さが7~8μあればマイクロアナライザーによる分析に下地のスライドガラスは影響を与えないと考えられる。

3. 実験結果と考察

3.1 実験例

3.1.1 介在物試料(A)

これは平炉鋼圧延材試片より採取したものである。

鋼種: 冷延薄板SP(リムド鋼, 上注ぎ)

板厚: 0.8mm

試料採取位置: 鋼塊の底部

3.1.2 顕微鏡観察

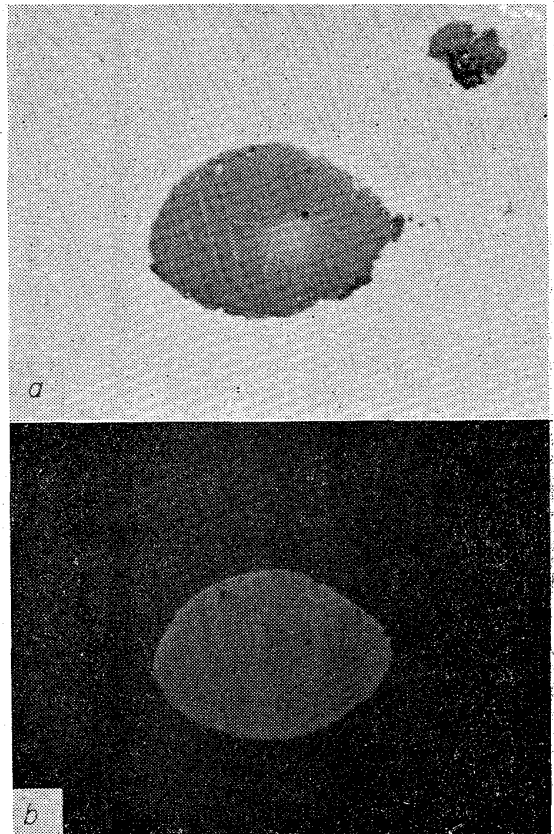
球状に近い介在物が試料中のいたるところに見出され、その大きさも数μから100μ以上のものまでである。

Photo. 1に巨大な介在物の中の代表的なものを示した。反射色は灰色、透過色は澄んだ黄色である。直交ニコル下では暗黒となるのでこれは等軸晶系の鉱物である。

3.1.3 X線マイクロアナライザーによる分析

定性分析および定量分析の結果を Table 1 に示す。

定性分析の結果では Mn, Fe が主成分元素であり、



a) Reflection
b) Transmission (yellow)

Photo. 1. Microstructure of inclusion in sample A. ×400(3/5)

Table 1. Result of X-ray microanalysis (Sample A)

a) Qualitative analysis

Detected element	Measure of content
Mn	Much
Fe	Much
Cr	Very small
Ca	Very small

Analysed position※



b) Quantitative analysis*

Observed		Corrected	
Element	Content (%)	As oxide	Content (%)
Mn	60.1	MnO	76.8
Fe	16.4	FeO	21.3
			98.1

* Acceleration voltage: 30kV

ほかに Cr, Ca がごく微量含まれている。なお介在物にあてた電子線の位置は Table 1 の下欄の図に * 印で示した。

定量分析は主成分元素の Mn と Fe について行なつた。補正の結果は $\text{MnO}=76.8\%$, $\text{FeO}=21.3\%$ となり累計値は 98.1% で定量性は非常に良い。

3.1.4 鉱物の同定および考察

光学的性質および分析結果から、本介在物は MnO-FeO 固溶体であることがわかる。

Pure FeO は不透明であるが、MnO の固溶比が増すにつれてだいに光を透過するようになり、MnO が 30% 前後では暗赤色、60% 附近では黄褐色、さらに 80% 位では黄色を示すようになる。

なお厚さ 2mm のブロック試料で同種介在物をマイクロアナライザーで分析したところ、数個の介在物について $\text{Mn}=59\sim 61\%$, $\text{Fe}=15\sim 17\%$ (いずれも測定値) を得たが、これは Table 1 の値とほとんど一致するので厚さが $7\sim 8\mu$ の研磨薄片はマイクロアナライザーで分析しても、下地のスライドガラスは影響しないことがわかる。

3.2 実験例

3.2.1 介在物試料(B)

これは平炉鋼圧延材試片より採取したものである。

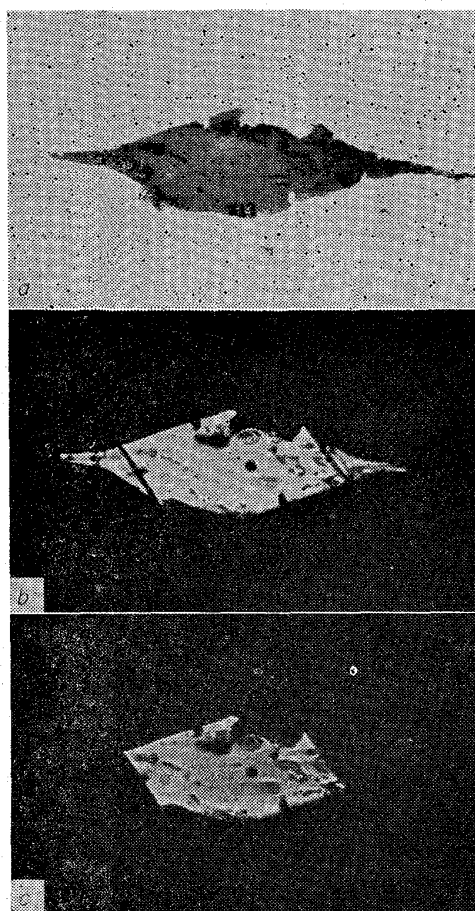
鋼種: 冷延薄板 SA 41 (リムド鋼, 上注ぎ)

板厚: 4.5mm

試料採取位置: 鋼塊の底部 1/8

3.2.2 顕微鏡観察

圧延方向に $100\sim 200\mu$ に細長く伸びた介在物が、板



(a) Reflection
(b) Transmission (colorless)
(c) Transmission; crossed nicols

Photo. 2. Microstructure of inclusion in sample B. $\times 400(2/5)$

Table 2. Result of X-ray microanalysis (Sample B)

a) Qualitative analysis

Detected element	Measure of content	
	Anisotropic mineral	Isotropic mineral
Mn	Much	Much
Al	Small	Medium
Fe	Small	Medium
Si	Much	Much
S	Very small	Very small
Ca	Small	Medium
Ti	Very small	Very small

Analysed position*



b) Quantitative analysis*

Element	Observed		Corrected		
	Content (%)		As oxide	Content (%)	
	Anisotropic mineral	Isotropic mineral		Anisotropic mineral	Isotropic mineral
Mn	44.1	18.2	MnO	58.6	24.8
Fe	2.9	6.2	FeO	3.9	8.5
Ca	0.07	1.8	CaO	0.1	2.9
Al	0.44	4.1	Al_2O_3	2.0	15.9
Si	8.3	11.3	SiO_2	31.2	42.6
			Sum	95.8	94.7

* Acceleration voltage: 30kV

材の中心部を長く走っている。その中の代表的介在物が Photo. 2 である。

この介在物は、反射では暗灰色(Photo. 2のa))で、透過色は帯黄色である。しかし Photo. 2のb))で見られるように、この介在物は3つの結晶よりなることがわかる。直交ニコル下では両端部の結晶は暗黒であるが、中央部の結晶では消光現象が起り(Photo. 2のc))しかも明色は非常に明るいので複屈折率の大きな鉱物であることがわかる。干渉色と薄片の厚さを測定して複屈折率 ≈ 0.035 を得ることができた。

さてこの光学的に異方の鉱物は圧延方向に長く伸びているが、その伸長方向の光学性†††を測つたところ、伸長方向正であつた。さらに伸長方向の光学的方位を決めようと考えて干渉像を調べたが、この薄片が望ましい方向に切られていながつたので、方位を決定することはできなかった。

3.2.3 X線マイクロアナライザーによる分析

本介在物では光学異方部と光学等方部にわけて分析した。結果は Table 2 および Photo. 3 に示した。

定性分析から光学異方部の主成分元素は Mn, Si, Fe であることがわかる。Ca, Al はともに少量含まれている。ほかに S, Ti があるがごく微量にすぎない。

一方、光学等方部では主成分元素は Mn, Fe, Ca, Al, Si で、ほかに微量元素として S, Ti が含まれている。

次に各部の主成分元素について定量した結果が Table

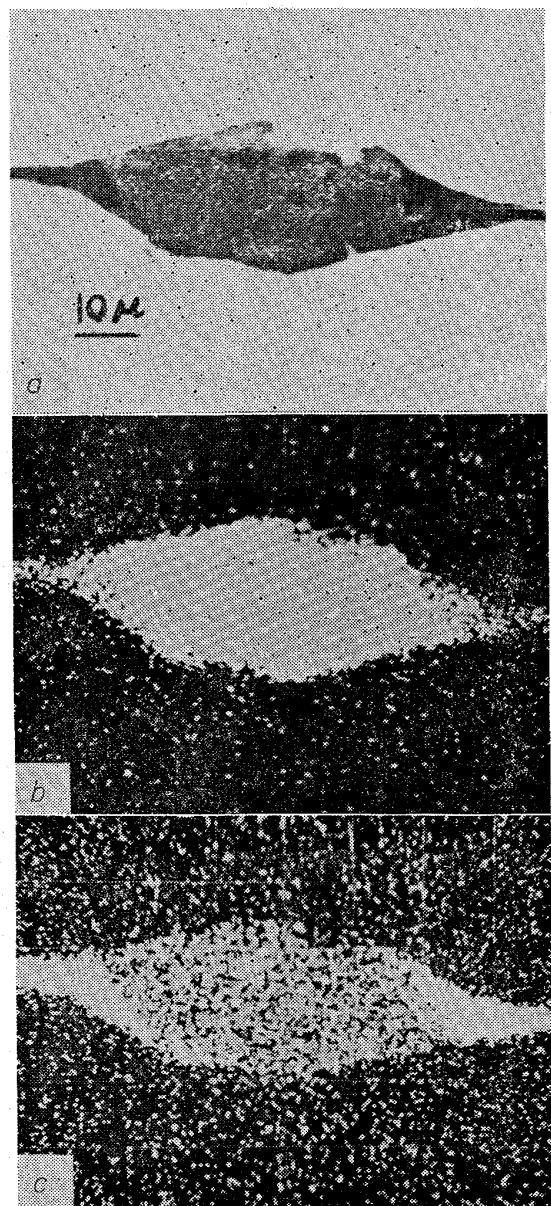
Table 3. Compositions and optical properties of Mn-silicate³⁾

	Rhodonite	Tephroite
Formula	MnO·SiO ₂	2MnO·SiO ₂
Composition (%)	MnO 54.1 SiO ₂ 45.6	MnO 70.2 SiO ₂ 29.8
Crystal system	Triclinic	Orthorhombic
Crystal shape	—	Elongated parallel to C
Birefringence, NZ-NX	0.011~0.014	ca. 0.04
Color in thin section	Colorless	Colorless
Melting point	1280°C	1340°C

††† 一つの方向に伸長した結晶の輪郭に対して直消光をなし、かつこの方向に振動する偏光波の速度がこれと直角な方向に振動する偏光波の速度よりも遅い場合に、伸長方向の光学性が正であるといわれる。詳しくは文献1) にあげた。「偏光顕微鏡」324 節を参照されたい。

2のb))である。各元素いずれも加速電圧 30 kV で分析した値を示した。軽元素はより低電圧で分析することに努力したが、電子線のビームが広がるために光学等方部を正確に狙うことができず、やむを得ず 30 kV で行なつた。なお異方部において Si を 15 kV で分析したときに補正值は SiO₂=31.6% で、これは Table 2 の 30 kV での分析値と良く一致している。

各部の定量の結果は酸化物としての累計値で異方部は 95.8%, 等方部は 94.7% であり、いずれもマイクロアナライザーの許容誤差範囲 (100±5%) 内に入っている。



(a) Electron image
(b) Mn-X-ray image
(c) Ca-X-ray image

Photo. 3. Scanning image of inclusion in sample B.

最後に異方部, 等方部の代表的元素を選び, その X 線像を調べた. Mn, Ca の X 線像写真を Photo. 3 に示したが, Mn は異方部に, Ca は等方部に多いことがわかる.

3.2.4 鉱物の同定および考察

イ) 光学異方部

分析の結果からこの鉱物は FeO, CaO, Al₂O₃ を少量含む珪酸マンガンであることがわかる. 珪酸マンガンには Table 3 に示す 2 種の鉱物, Rhodonite と Tephroite があるが, 異方部の Si の分析値 (as SiO₂ = 31.2%) は許容誤差範囲内で Tephroite の組成に良く一致している.

さて顕微鏡観察によつて複屈折率は 0.035 を得ているがこれは Rhodonite ではもち得ない値であり, やはり Tephroite を支持する. また, この異方部の結晶の伸長方向の光学性は正であるが, この薄片が Tephroite の b, c 軸に平行に近く切られたものとすれば矛盾しない.

以上のようにマイクロアナライザーと光学的観察の結果をあわせて考えると, この光学異方の鉱物は Tephroite (Mn, Fe, Ca)₂SiO₄ が少量の aluminosilicate を固溶したものと同定される.

ロ) 光学等方部

この部分は分析の結果から Mn, Fe, Co, Al を含む Silicate であることがわかるが, 光学等方だから等軸晶系に属する鉱物か, あるいは非晶質の鉱物である. しかしそのいずれであるかは光学的に決めることはできない.

もし等軸晶系に属する鉱物ならば, これは Table 4 に示したように柘榴石グループの 3 種の鉱物の固溶体でなければならない. 等方部の定量分析値を柘榴石グループの組成に比較してみると, 適当な固溶比を仮定しても (Mn, Fe, Ca)O および Al₂O₃ はやや低く, 一方 SiO₂ はかなり高い. したがつて分析値からこの等方部を柘榴

石グループとすることはできない.

次にこの等方部の鉱物が非晶質の Silicate glass か柘榴石かを定めるために腐食法を試みた. 弗酸に対して Silicate glass は易溶, 柘榴石はほとんど溶けないから弗酸腐食によつて両者は区別することができる. 別の厚目の薄片で光学異方, 等方の鉱物が共存する介在物を探し出し, 約 1% のうすい弗酸の一滴を目的の介在物附近に滴下して約 2 min 間腐食した. 検鏡によつて介在物の表面は相当に腐食されており, しかも等方部の方が異方部の Tephroite よりも腐食のはなはだしいことが認められた. この結果から光学等方部の鉱物は, 柘榴石ではなく

Mn, Fe, Ca, Al を含む Silicate glass と判定することができた.

3.3 実験例

3.3.1 介在物試料(C)

これは平炉鋼圧延材試片より採取したものである.

鋼種: 冷延薄板 SP (リムド鋼, 上注ぎ)

板厚: 2.3 mm

試料採取位置: 鋼塊の頭部

3.3.2 顕微鏡観察

この試料では, 板材の中心部を介在物が長く続いている. Photo. 4 にその代表的部分を示したが, 非常に巨大な介在物である. さらに Fig. 1 には介在物各部の透過色をあらわした. 反射色透過色の対応をつければ

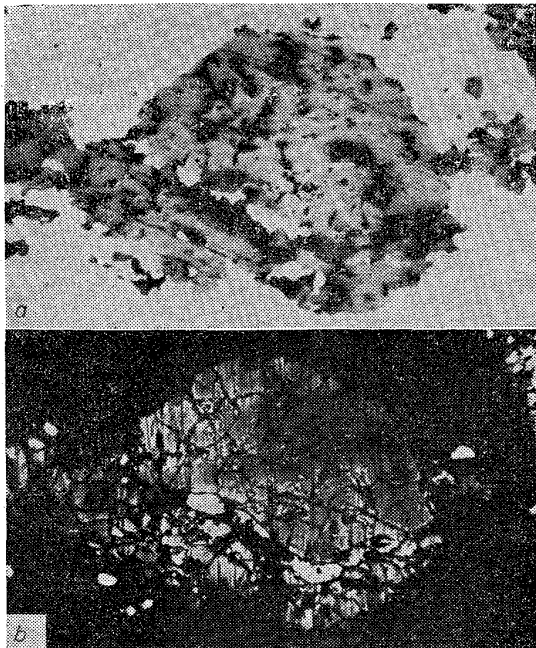
(反射色)	(透過色)
灰色黄褐色
灰色(?)帯赤黄色
暗灰色無色

となる. なお Photo. 4 の a) にみられる暗部は研磨不十分なための凹部である.

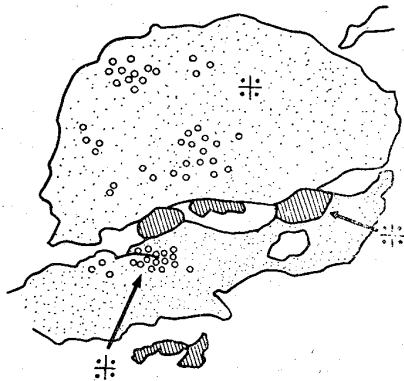
黄褐色透明部はこの介在物の大部分をなすが, これは圧延加工によつて結晶の破壊をうけ, 断面はほぼ四辺形の小片 (10 μ 前後) になっている. 直交ニ科尔下では黄褐

Table 4. (Mn, Fe, Ca)-aluminosilicate minerals of cubic system.

System	Mineral	Formula	Composition (%)	m.p
MnO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂	Spessartite	3MnO · Al ₂ O ₃ · 3SiO ₂	MnO43.0 Al ₂ O ₃20.6 SiO ₂36.4	1200°C
FeO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂	Almandite	3FeO · Al ₂ O ₃ · 3SiO ₂	FeO.....43.3 Al ₂ O ₃20.5 SiO ₂36.2	1180
CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂	Grossularite	3CaO · Al ₂ O ₃ · 3SiO ₂	CaO37.4 Al ₂ O ₃22.6 SiO ₂40.0	1180



(a) Reflection, (b) Transmission
Photo. 4. Microstructure of inclusion in sample C. ×400(2/5)



Dotted area; yellowish brown isotropic fine particles; reddish yellow isotropic
Hatched area; yellowish strongly anisotropic
(※ analysed position)

Fig. 1. Optical properties of inclusion in sample C.

色部は暗黒になるので、これは等軸晶系の鉱物である。

帯赤黄色鉱物は黄褐色部中に含まれる 2~3 μ の微粒鉱物で、反射では見分けのつかないものである。しかし直交ニコル下で暗黒であるから、これも等軸晶系の鉱物である。

無色透明鉱物は本介在物中に 10×20 μ 位の結晶で数個見出される。これは直交ニコル下で消光し、しかも明色は非常に明かるいから、複屈折率のかなり高い鉱物と推定される。

3.3.3 X線マイクロアナライザーによる分析

上の黄褐色、帯赤黄色、無色の3つの鉱物について定性分析を行なった結果を Table 5 に示した。なお分析

Table 5. Result of X-ray microanalysis (Sample C)
Qualitative analysis

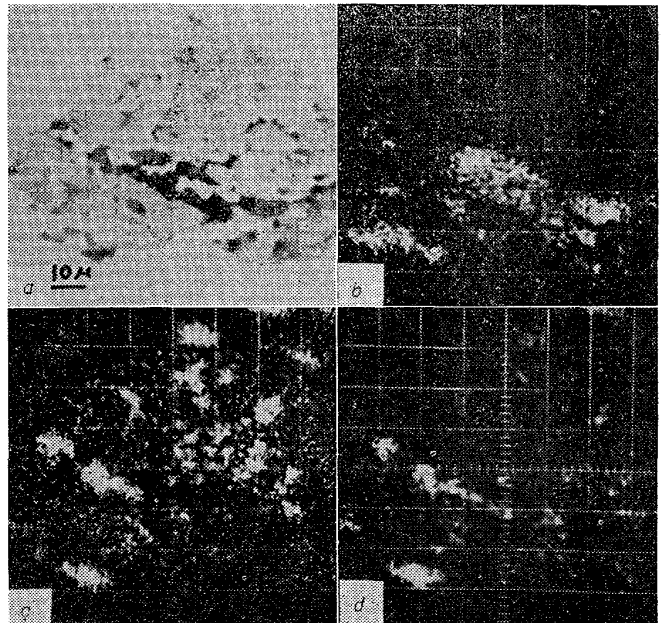
Detected element	Measure of content		
	Yellowish brown mineral	Reddish yellow mineral	Colorless mineral
Mn	Much	Much	Much
Al	—	Much	—
Fe	Much	Much	Medium
Si	—	—	Much
Cr	Very small	Much	—
K	—	—	Very small
Ca	Very small	Very small	Small
Ti	—	—	Very small

の際の分析位置は Fig. 1 に示してある。

黄褐色鉱物は主成分元素が Mn, Fe でほかに微量の Cr, Ca が含まれており、これは 3.1 実験例の球状の介在物の組成に一致している。また無色鉱物では Mn, Fe, Si が主成分元素で、さらに少量の Ca が含まれており、これは 3.2 実験例の介在物の光学異方部の組成によく似ている。それゆえ黄褐色および無色の鉱物の定量分析は省略した。

一方帯赤黄色鉱物は 2~3 μ の微粒なので周囲の黄褐色鉱物を選んで分析することは不可能であるが、一応微粒の鉱物を狙って定性分析を試みた。分析の結果 Mn, Fe, Al, Cr が多く検出された。

最後に各元素の X 線像で介在物の組織を調べた。例として Cr, Si Al の X 線像写真を Photo. 5 に示した。



a) Electron image b) Si-X-ray image
c) Cr-X-ray image d) Al-X-ray image
Photo. 5. Scanning image of inclusion in sample C.

669.141.25.018.8:669.1524'26-195.56
:539.434.015.1

この写真から, Cr, Al は帯赤黄色の微粒鉍物に, Si は無色鉍物に一致していることがわかる.

3.3.4 鉍物の同定および考察
黄褐色鉍物は明らかに

MnO-FeO 固溶体

である. 3.1 実験例の MnO-FeO 固溶体が黄色なのに比べてこの固溶体が黄褐色を示すのは, 固溶体中の FeO 濃度が高いためであろう.

帯赤黄色鉍物は分析結果に周囲の MnO-FeO がある程度関与しているとしても, 主成分元素は Mn, Fe, Cr, Al であると考えてよいであろう. さらに透過色と等軸晶系の鉍物であることを考えあわせるとこの鉍物は Chromite と Hercynite の固溶体, すなわち

Spinel: (Mn, Fe)(Cr, Al)₂O₄

と同定することができる.

最後に無色鉍物であるが, 定性分析の結果からは珪酸マンガンを推定されるし, 顕微鏡観察で複屈折率の大きい鉍物であることがわかっているから, 3.2 実験例の光学異方部と同じように

Tephroite: (Mn, Fe, Ca)₂SiO₄

と同定される.

4. 結 言

以上のように, 非金属介在物を含む平炉リムド鋼圧延材試料の研摩薄片をつくり, 薄片中の巨大な介在物を鉍物顕微鏡によつて観察し, さらにマイクロアナライザーによつて介在物を分析したが, 光学的観察結果と分析結果とをあわせて考えることによつて介在物の構成鉍物を容易に同定することができた. また介在物中の鉍物の共存状態も正確に知ることができた. したがつてこの方法は, 鋼中の比較的大きな (20~30 μ 以上) 非金属介在物の鉍物を同定し鉍物の共存状態を知るためには有力な手段になり得ると考えられる.

終りにのぞみ, この研究を行なうにあつて終始御指導をして下さつた東京大学助教授湊秀雄先生, および松権五郎先生に深く感謝する.

文 献

- 1) 坪井: 偏光顕微鏡, (1962), p. 180 [岩波]
- 2) J. PHILIBERT: X-Ray Optics and X-Ray Microanalysis, Ed. by V. E. Cosslett, (1963), p. 379, [Academic Press]
- 3) A. N. WINCHELL: Element of Optical Mineralogy II, (1956), p. 459, 498, [Wiley]

316 型 オーステナイト・ステンレス 鑄鋼の
高温強度と組織変化について*

(オーステナイト・ステンレス 鑄鋼の研究—I)

深瀬幸重**・加藤正一**・大久保延弘***・岩元兼敏****

On the High-Temperature Strength and Structural Change
of Type 316 Austenite Stainless Steel Castings.

(Study on the austenite stainless steel castings—I)

Yukishige FUKASE, Shoichi KATOH

Nobuhiro OKUBO and Kanetoshi IWAMOTO

Synopsis:

High-temperature tensile test, creep-rupture test up to 10,000hr at 650°C, aging treatment under various levels of stress at 650°C and stress-free aging treatment up to 6,400hr at 650°C were carried out on the Type 316 and Type 316L stainless steel castings, and the structural

* 昭和39年4月本会講演大会にて発表 昭和39年10月21日受付

** 日本冶金工業株式会社川崎製造所, 工博 *** 日本冶金工業株式会社川崎製造所

**** 金属材料技術研究所